

<https://doi.org/10.24867/JPE-1989-06-023>

ORIGINALNI NAUČNI RAD

Kakaš D., Bajić V., Škorić B., Šidjanin L.*

ISTRAŽIVANJE UTICAJA VREMENA AUSTENITIZACIJE NA
STRUKTURU I TVRDOĆU IZOTERMALNO POBOLJŠANOG
NODULARNOG LIVA

Rezime

Izotermalno poboljšan nodularni liv (Austempered ductile iron) je materijal koji može da zameni mnoge druge konstruktivne materijale i da se time postignu značajne uštede. Posebno je pogodan za otpornost na habanje ali treba postići optimalnu strukturu. Veliki uticaj pri tome imaju trajanje austenitizacije i trajanje austemperovanja. U radu je dat matematički model zavisnosti tvrdoće uzoraka, od trajanja austenitizacije na 900°C i trajanje austemperovanja na 280°C.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF AUSTENITIZATION TIME
ON STRUCTURE AND HARDNESS AT USTEMPERED DUCTILE IRON

Summary

Austempered ductile iron exhibits a favorable combination of ductility and abrasion resistance. It could change many of the construction steel with significant economical effects. In this paper, the results of our investigation about influence the time of austenitization and time of the austempering, is presented. It was shown that exhibits the mathematical model which describe this influence.

*Dr Damir Kakaš, doc.; Mr Vladimir Bajić, asistent; Dipl.ing. Branko Škorić, asistent, Dr Leposava Šidjanin, doc. Fakulteta tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V.Perića-Valtera 2.

1. UVOD

Izotermalno poboljšani nodularni liv je novija vrsta materijala koji se termičkom obradom može dovesti u optimalno stanje za upotrebu u mašinskim konstrukcijama. Pri tome se postiže optimalan odnos između čvrstoće granice tečenja, izduženja, žilavosti i otpornosti na abanje /1/.

Svetska iskustva pokazuju da je cena polufabrikata odlivka približno 30% niža od adekvatnog čeličnog odlivka /3/. Posebna prednost je da je polufabrikat znatno jeftiniji, što otvara mogućnosti za značajne uštede, tim pre što je poznato da odlivak istog oblika ima manju masu od otkovka. Imajući u vidu da sirovi odlivak ima relativno niske mehaničke osobine mogu se postići uštede i u vremenim mehaničke obrade i to čak do 40% u odnosu na otkovak /3/. Sve ovo je razlog da je poslednjih pet godina naglo porasla primena ovog materijala u svetu /4/ a to je izazvalo interesovanje i nekoliko instituta u Jugoslaviji. Fakultet tehničkih nauka u N.Sadu ima u toku jedan istraživački projekat koji se bavi razvojem ADI materijala tako da će u ovom radu biti prikazani neki od rezultata koji su dobijeni u dosadašnjem radu.

2. ANALIZA PARAMETARA TERMICKE OBRADNE

Izotermno poboljšanje kod ovog liva izvodi se na dva načina. Prvi način ima za cilj postizanje vrlo visokih tvrdoća i čvrstoća sa velikom otpornošću na abrazivno abanje i drugi način koji ima za cilj visoke čvrstoće ali sa relativno visokom žilavošću.

Izotermalno poboljšavanje se izvodi zagrevanjem na temperaturu austenitizacije i zatim hladjenjem na temperature od 205 do 400°C, sa čime se postiže struktura donjeg ili gornjeg beinita. Kada se žele postići strukture donjeg beinita, austenitizacija se odvija na približno 900°C, a austemperovanje na približno 300°C. Visok procenat silicijuma kod ADI sprečava stvaranje karbida, tako da se austenitna matrica jako zasićuje sa ugljenikom i ovaj austenit može biti postojan sve do -120°C. Međutim kod relativno visokih temperatura izotermne transformacije javlja se izlučivanje karbida unutar tog obogaćenog austenita, te se on raspada na ferit i karbid. Za nas je povoljno da se raspad podhladjenog austenita završi sa formiranjem beinitnog ferita i ugljenikom obogaćenog austenita, jer je to struktura sa visokom čvrstoćom i visokom žilavošću. Što je temperatura raspada niža, s time je profinjeniji beinit koji nastaje. Predugo držanje na temperaturi izotermne transformacije može dovesti do izlučivanja karbida i pada žilavosti /5/.

Temperatura austenitizacije jako utiče na količinu ugljenika koja se rastvorila u austenitnoj matrici. Međutim, ovo rastvaranje je relativno spor proces, tako da se obično za ADI preporučuje od 1 do 2 časa.

U cilju formiranja optimalnih otpornosti na abrazivno habanje preporučuju se strukture ADI sa približno 18-25% austenita i tvrdoćom od 401 do 415 HB. Ovaj tip strukture se može postići nakon austenitizacije na 900°C i austemperovanja na 260 do 315°C /2/.

3. POSTAVKA EKSPERIMENTA

Za istraživanje je korišćen perlitni nodularni liv sledećeg hemijskog sastava:

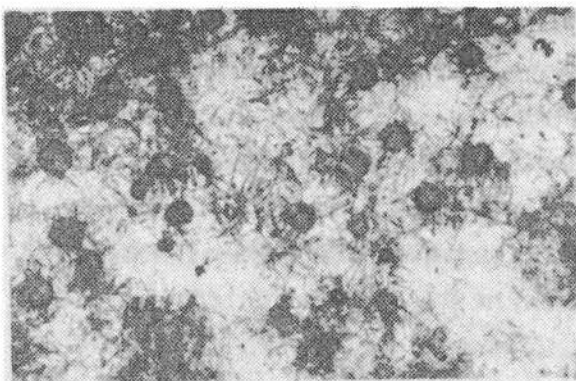
| %C | %Si | %Mn | %S | %P | %Cr | %Mg |
|------|------|------|-------|-------|------|-------|
| 3,82 | 2,36 | 0,40 | 0,015 | 0,025 | 0,07 | 0,063 |

Od njega su napravljene epruvete sa dimenzijama $\emptyset 40 \times 16 \times 10$ mm. Načinjen je plan dvofaktornog inženjerskog eksperimenta, gde je izabrana fiksna temperatura austenitizacije (900°C) i izotermalnog držanja pri poboljšavanju (280°C), a varirano je trajanje austenitizacije (od 1-5 časova) i vreme temperovanja (1-5 časova).

Nakon termičke obrade izvršeno je merenje tvrdoća i izvršena je metalografska analiza strukture.

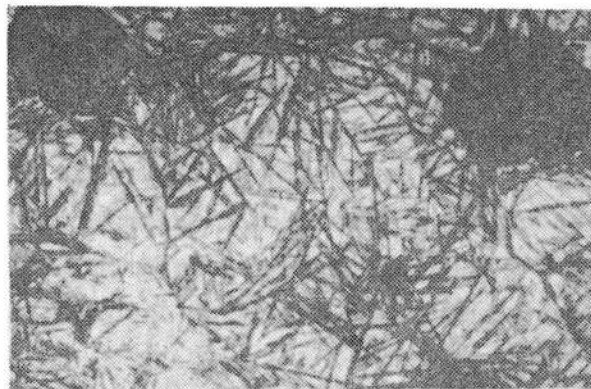
4. REZULTATI I DISKUSIJA

Na slikama br.1. i 2. dat je izgled strukture uzorka sa najvećom tvrdoćom koji je dobijen nakon austenitizacije od 5 časova ($T_A=5$ č) i austemperovanja u trajanju od 1 čas ($t_A=1$ č). Na slici br. 3. je dat izgled uzorka snimljenog na scening elektronskom mikroskopu gde se vidi da nije došlo do izdvajanja karbida po granicama beinitnog ferita.



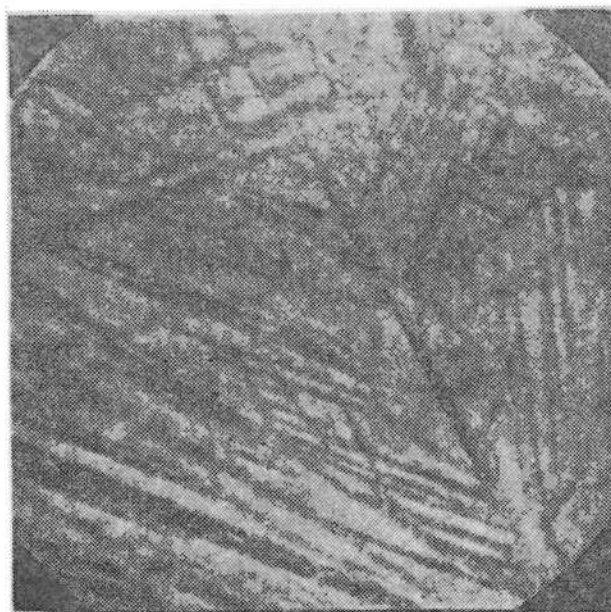
Sl.1.

100x



Sl.2.

500x



Sl.3.

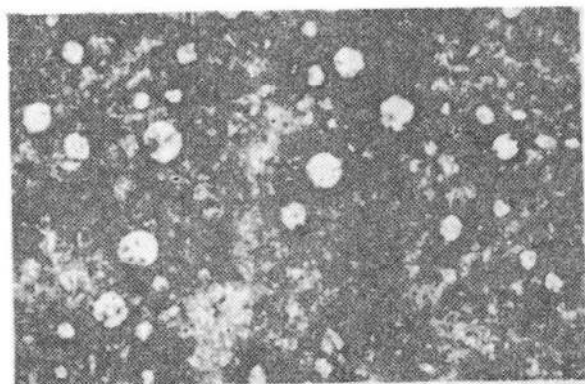
5000x

Na slikama 4. i 5. je dat izgled strukture uzorka sa najmanjom tvrdoćom a koji je dobijen nakon austenitizacije od 2,2 časa ($T_A=2,2$ č) i austemperovanja u trajanju od 2,2 časa ($t_A=2,2$ č). Analizom na scening elektronskom mikroskopu uočeno je da je došlo do izlučivanja karbida po granicama beinitnog ferita ali relativno neujednačeno od zone do zone što je prikazano na slikama 6. i 7.

Analizom preloma epruveta dobijenih različitim tehnologijama termičke obrade utvrđeno je da najmekša struktura ima i najžilaviji prelom ($T_A=2,2$;

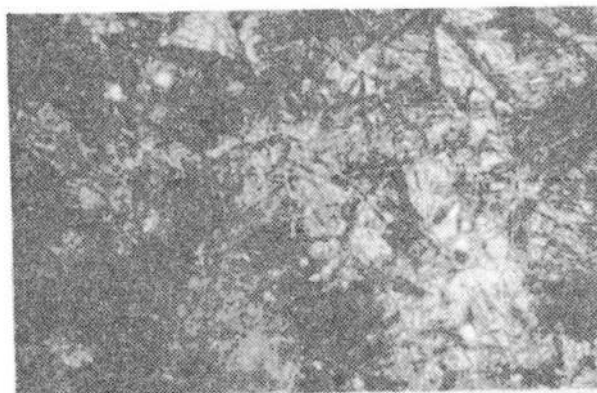
$t_A=2,2$) kao što se vidi na slici 8.

Uzorak koji je izradjen sa najkraćim vremenom austenitizacije i austempe-
rovanja ($T_A=1$, $t_A=1$ čas) ima pretežno duktilni prelom sa segmentima krkih
faza, pri čemu su jamice i krte faze povećane krupnoće. Medjutim, tvrdoća
ovog uzorka (slika 9) je neznatno viša od tvrdoće prethodnog uzorka sa
potpuno duktilnim prelomom (slika 8.).



Sl. 4.

100x



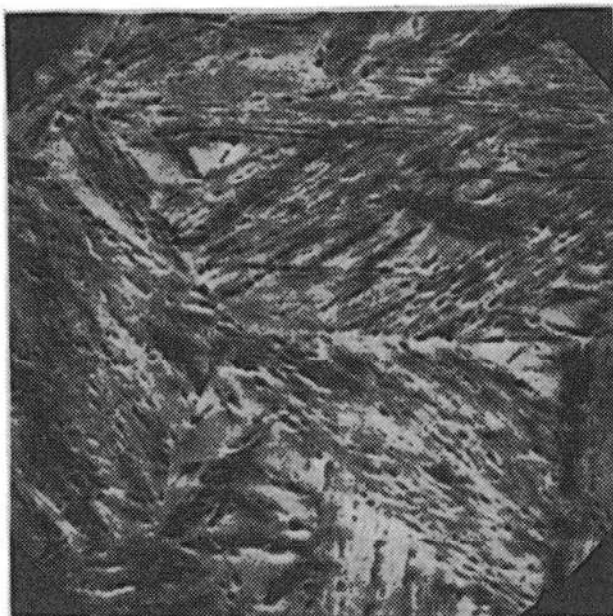
Sl. 5.

500x



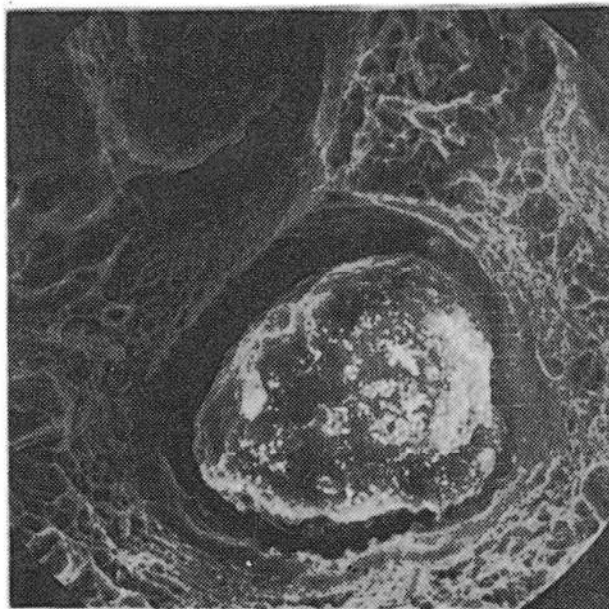
Sl. 6.

10.000x



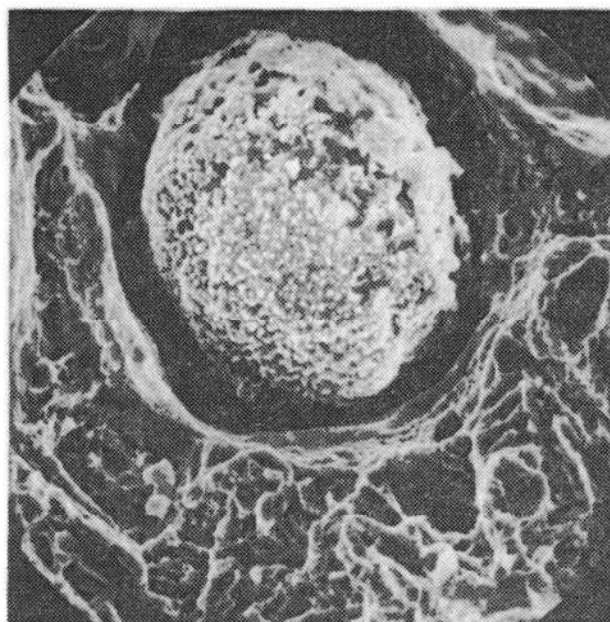
Sl.7.

10.000x



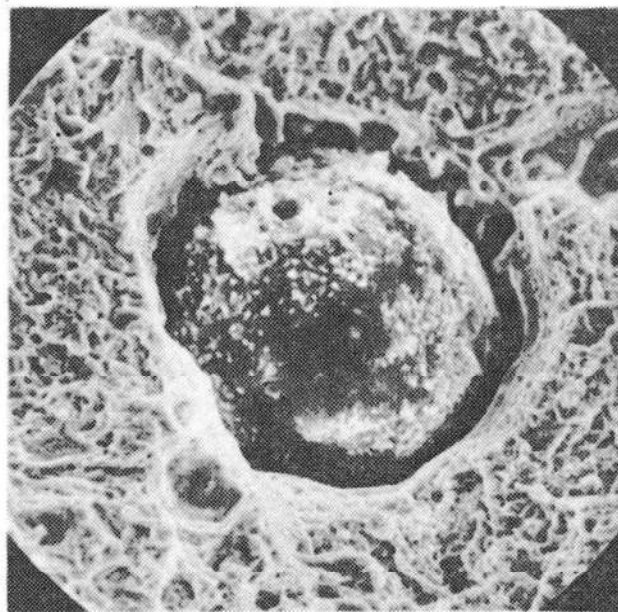
Sl.8.

1.000x



Sl.9. 1.000x

Najtvrdji uzorak čija je struktura prikazana na slikama 1, 2 i 3 ima pretežno duktilni prelom sa segmentima krtih faza (slika 10) dok mu je tvrdoća višlja za oko 100 HB od prethodnog uzorka.



Sl.10. 1.000x

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih ispitivanjem nelegiranog nodularnog liva koji je bio izotermalno poboljšan zaključujemo da trajanje austenitizacije i trajanje izotermalnog držanja na temperaturi austemperovanja, bitno utiču na strukturu i tvrdoću. Veoma je značajno napomenuti da se ovaj fenomen može povezati sa finoćom beinitne strukture i stepenom izlučivanja karbida kao što je prikazano u radu. Iako su postignute relativno visoke tvrdoće kod svih uzoraka je dobijen žilavi lom.

5. L I T E R A T U R A

- /1/ Rundman K. i dr.: 2nd Int.Conf.on ADI, Ann Arbor- Michigan, (1986)
- /2/ Guudlach R., Janovak J.: 2nd Int.Conf. on ADI
- /3/ Vannemann K., Hornung ., Fisher G.: 2nd Int.Conf. on ADI
- /4/ Harding R.: 2nd Int.Conf. on ADI
- /5/ Liščić B.: Izotermički poboljšani žilavi ljev - novi materijal u strojogradnji, Javno predavanje na FSB - Zagreb, (1985)
- /6/ Hanke W., Hornuung K.: Harterei Technische Mitteilungen str. 72-77, vol 38 (1983).
- /7/ D.Kakaš, L.Šidjanin, V.Bajić, B.Škorić: Uticaj parametara termičke obrade kod izotermalno poboljšanog nodularnog liva na izmenu strukture i otpornosti na habanje, JUSTOM'89, Vrnjačka Banja, 1989.
- /8/ D.Kakaš, L.Šidjanin, V.Bajić, B.Škorić: Uticaj strukture izotermalno poboljšanog nodularnog liva na fenomen habanja, Savetovanje proizvodnog mašinstva, Ohrid, 1989.
- /9/ D.Kakaš, B.Škorić, V.Bajić: Istraživanje uticaja termičke obrade na strukturu ADI, Oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, Bor, 1989.